

УДК: 616-092-07-037

Асадчий М.В., Крупенков П.И. Науч. рук. Лаптёнок С.В.

## **Создание системы мониторинга гамма-фона микрорайона «Кунцевщина» с использованием ГИС-технологий**

УО «СШ № 201 г. Минска»

В настоящее время практически все население Республики Беларусь проживает в условиях длительного низкоуровневого комбинированного воздействия неблагоприятных факторов внешней среды. Изучение последствий такого воздействия требует системного подхода, одной из составных частей которого наряду с традиционными методами являлись бы математические, в частности, методы пространственного анализа с применением технологии географических информационных систем (ГИС).

Катастрофа на Чернобыльской АЭС способствовала в ряде регионов республики избыточному накоплению в окружающей среде и организме человека радионуклидов, из которых наиболее значимым по распространенности и регистрируемому количеству на сегодняшний день является цезий-137 [1,2,3,4,5], представляющий опасность как источник ионизирующих излучений ( $\beta$  и  $\gamma$ ).

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью широкого внедрения и применения новых простых, доступных и эффективных методов математического моделирования и статистической обработки экологической информации. Применение динамического пространственного моделирования экологических факторов позволит получить дополнительную информацию об изменениях состояния

окружающей среды для ее использования в процессе принятия мер с целью минимизации негативных влияний на состояние здоровья населения.

В результате данного исследования впервые создана система мониторинга мощности дозы  $\gamma$ -излучения в пределах микрорайона «Кунцевщина» на базе ГИС ArcView 3.0a, 3.1, 3.2a, 3.3, что и составляет новизну выполненной работы.

**Целью** исследования явилась разработка системы радиационного мониторинга территории микрорайона «Кунцевщина» на основе ГИС-технологии. Для достижения поставленной цели решены следующие **задачи:**

1. Определение топологической основы объекта.
2. Проведение полевых исследований в установленных точках.
3. Создание векторной пространственной модели объекта.
4. Геокодирование данных, полученных в результате полевых исследований.
5. Создание дискретной пространственной модели уровня радиационного фона.
6. Создание непрерывной пространственной модели уровня радиационного фона.

Дискретные и непрерывные пространственные модели экологических и медико-экологических процессов формировались в ходе проводимых под эгидой Всемирной организации здравоохранения исследований йодной обеспеченности и заболеваний щитовидной железы [6,7,8], прогнозирования онкозаболеваемости в республике [9,10], оценки коллективных доз радиоактивного облучения населения отдельных населенных пунктов Гомельской области [11,12]. Подробная оценка динамики гамма-фона на территории микрорайона «Кунцевщина» не

проводилась, чем и обусловлено проведение данного исследования.

Гамма-излучение ( $\gamma$ -излучение) – электромагнитное излучение (длина волны  $10^{-10}$ - $10^{-14}$  м), возникающее в некоторых случаях при  $\alpha$ - и  $\beta$ -распаде, или аннигиляции частиц. Отдельно от других видов излучения оно не существует,  $\gamma$ -излучение – самое коротковолновое электромагнитное излучение высокой энергии, распространяющееся со скоростью света. Ионизирующая способность его в воздухе – всего несколько пар ионов на 1 см пути, т.е. значительно меньше, чем у вышеперечисленных видов излучений. А вот проникающая его способность очень велика – в 50 - 100 раз больше, чем у  $\beta$ -излучения – в воздухе она составляет сотни и тысячи метров. Большинство  $\gamma$ -квантов проходит через биологическую ткань и только незначительное их количество поглощается телом человека. Поэтому защита от внешнего  $\gamma$ -излучения представляет наибольшие проблемы. Защита осуществляется свинцом.

Состояние радиационной обстановки на местности или в помещении характеризует экспозиционная доза. Единицей измерения экспозиционной дозы в СИ является кулон на килограмм (Кл/кг). Широко распространена также внесистемная единица экспозиционной дозы – рентген (Р) (названа в честь немецкого физика Вильгельма Конрада Рентгена, открывшего в 1895 г. рентгеновские лучи): один рентген (1Р) – это экспозиционная доза, которая накапливается в течение одного часа на расстоянии одного метра от источника с активностью 1 Кюри (1 г  $^{226}\text{Ra}$ ), Экспозиционная доза определена только для фотонного излучения – гамма и рентгеновского.

Мощность экспозиционной дозы – приращение экспозиционной дозы в единицу времени. Единицами измерения мощности экспозиционной дозы,

применяемыми на практике, являются Рентген в час (Р/ч) и ее производные (мР/ч, мкР/ч).

Эквивалентная доза введена для оценки воздействия различных видов ионизирующих излучений на биологическую ткань. Единицей измерения эквивалентной дозы является один Зиверт (1 Зв). Мощность эквивалентной дозы – приращение эквивалентной дозы в единицу времени. Единицами измерения мощности эквивалентной дозы, применяемыми на практике, являются Зиверт в час (Зв/ч) и ее производные (мЗв/ч, мкЗв/ч).

Для фотонных излучений эквивалентная доза 1 Зв соответствует экспозиционной дозе 114.5 Р.

ГИС, или географические информационные системы – это аппаратно-программные комплексы, позволяющие эффективно работать с пространственно распределенной информацией. Они являются закономерным расширением концепции баз данных, дополняя их наглядностью представления и возможностью решать задачи пространственного анализа. Практически в любой сфере деятельности мы встречаемся с информацией такого рода, представленной в виде карт, планов, схем, диаграмм и пр. Это может быть схема метро или план здания, карта экологического мониторинга территории или схема взаимосвязей между офисами компании, атлас земельного кадастра или карта природных ресурсов и многое другое. ГИС дает возможность накапливать и анализировать подобную информацию, оперативно находить нужные сведения и отображать их в удобном для использования виде. Применение ГИС-технологий позволяет резко увеличить оперативность и качество работы с пространственно распределенной информацией по сравнению с традиционными "бумажными" методами.

Объектом исследования явилась радиационная обстановка в микрорайоне «Кунцевщина». В 29 точках на местности измерялся фон гамма-излучения с последующим построением дискретной векторной пространственной модели на основе технологии ГИС. Измерения мощности эквивалентной дозы гамма излучения производились с использованием дозиметра-радиометра РКСБ-104 (рисунок 1.) производства Минского приборостроительного завода «Белвар».



Рисунок 1 – Общий вид рабочей панели дозиметра-радиометра РКСБ-104

Построение пространственных моделей осуществлялось в программной среде ArcView GIS 3.0a, 3.1, 3.2a, 3.3 (Environmental Systems Research Institute, США).

На основе топографического плана г. Минска была создана векторная пространственная модель основных объектов микрорайона «Кунцевщина», включающая тематические слои с обозначением улиц, основных внутренних проездов, жилых домов, учреждений образования, организаций соцкультбыта, спортивных сооружений и др. (рисунок 2).

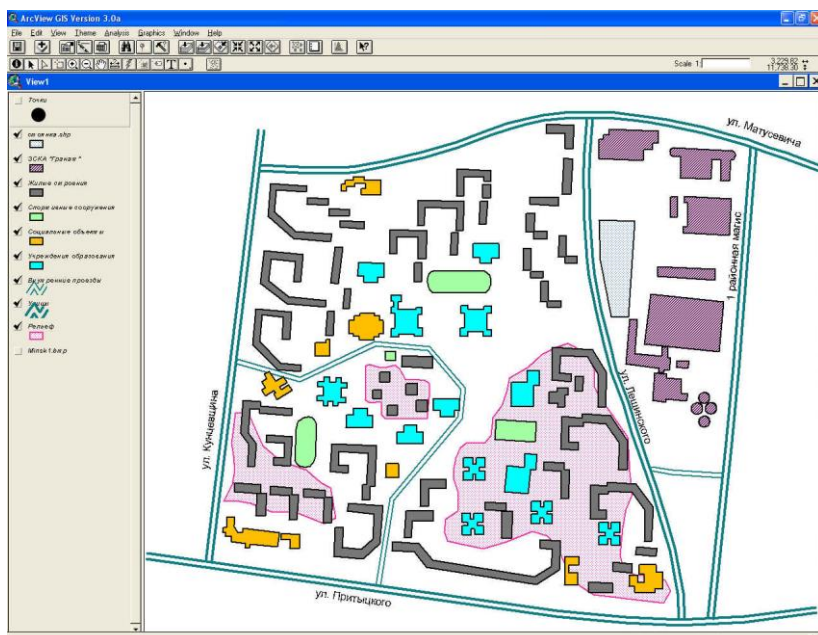


Рисунок 2 – Векторная пространственная модель основных объектов микрорайона «Кунцевщина»

На данной модели были обозначены в виде тематического слоя также точки, определенные для измерения в них уровня гамма-фона в ходе проведения мониторинга. Подбор точек осуществлялся по принципу их приближенности к объектам массового посещения

(школы, детские дошкольные учреждения, магазины, поликлиники) и равномерного распределения по территории микрорайона (рис. 2).

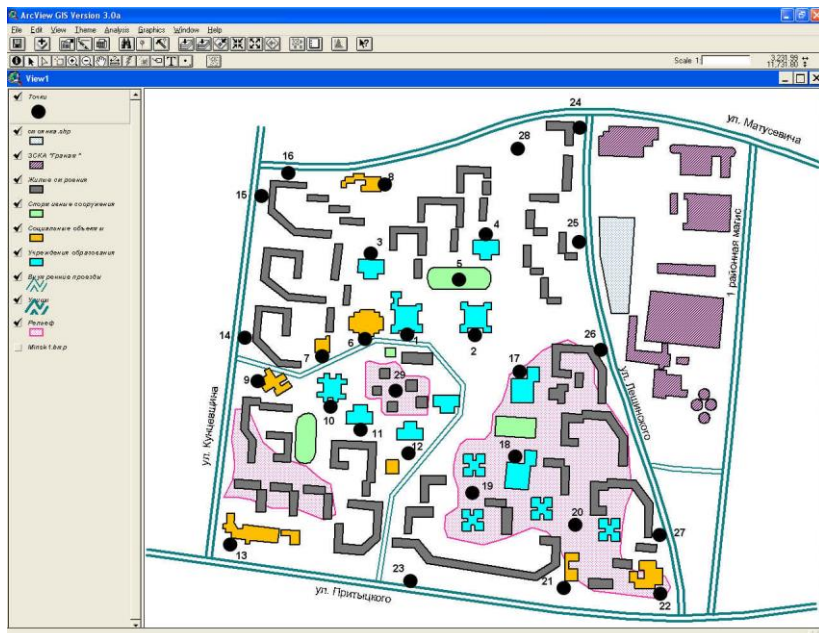


Рисунок 3 – Расположение выбранных точек контроля гамма-фона на территории микрорайона «Кунцевщина»

Оценка уровня гамма-фона в 29 выбранных точках, расположенных на территории микрорайона «Кунцевщина», производилась 20 декабря 2018 года. Прибор РКСБ-104 устанавливался в режим счета импульсов в течение 28 секунд с автоматическим отсчетом времени и пересчетом количества импульсов в показатель мощности эквивалентной дозы в микрозивертах в час (мкЗв/ч). Для повышения точности оценки в каждой точке проводилось

10 замеров, по результатам которых вычислялась средняя арифметическая

Результаты измерений в микрозивертах были переведены в микрорентгены ( $13\text{в} = 114.5\text{Р}$ ) (табл. 1).

В соответствии с Санитарными правилами и нормами (СанПиН РБ) и Нормами радиационной безопасности (НРБ – 2000) естественный радиационный гамма-фон на территории Республики Беларусь составляет 12 – 14 мкР/ч. [21]. Исходя из этого точки, в которых проводились измерения, были поделены на две группы с уровнем гамма-фона соответственно до 14 мкР/ч и выше. На карте (рисунок 4) первая группа обозначена синим цветом, вторая – красным. Для каждой точки указано также среднее значение измеренного гамма-фона в микрорентгенах в час (рисунок 4).

Как видно на рисунке, для большинства точек характерно превышение верхней границы нормы (14 мкР/ч). Возможно, точки повышенные значения гамма-фона в ряде точек обусловлены особенностям рельефа (см. рис.), но для проверки данной гипотезы необходимо динамическое наблюдение за ситуацией, которое будет проводиться в рамках мониторингового исследования.

На основе дискретной пространственной модели распределения гамма-фона на территории микрорайона «Кунцевщина» средствами программного модуля ArcView Spatial Analyst 2.0 построена непрерывная пространственная модель, позволяющая с определенным уровнем достоверности моделировать значения уровня гамма-фона в точках, где прямые дозиметрические измерения не производились (рисунок 5).

Вся полученная в результате исследования информация размещена на сайте <http://sch201.minsk.edu.by> и будет пополняться после каждого полевого исследования.



Таблица 2 – Результаты измерений гамма-фона на территории микрорайона «Кунцевщина» в микрорентгенах в час (мкРв/ч) (средние значения) 20.12.2018 г.

<b>№ точки</b>	<b>Уровень гамма-фона (мкР/ч)</b>
1	19,0
2	16,5
3	15,5
4	17,2
5	11,2
6	17,1
7	17,4
8	16,1
9	19,1
10	14,7
11	18,3
12	18,5
13	16,8
14	15,9
15	18,1
16	18,5
17	15,1
18	15,0
19	17,5
20	15,8
21	12,4
22	14,8
23	16,0
24	19,6
25	16,4
26	15,7
27	18,2
28	20,6
29	14,5

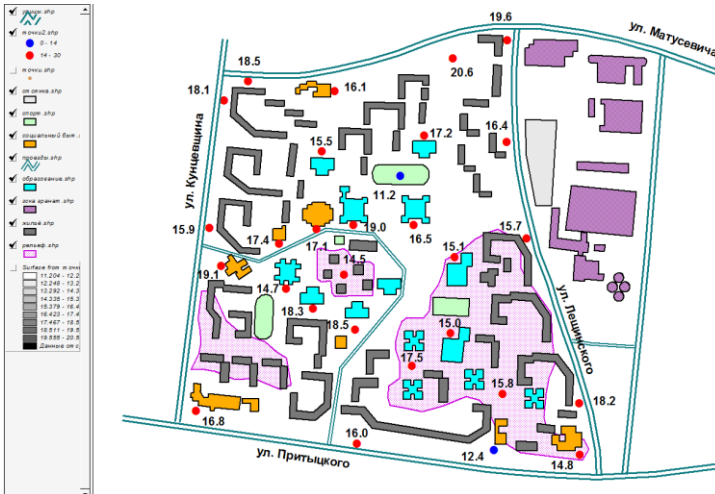


Рисунок 4 – Дискретная пространственная модель распределения уровней гамма-фона на территории микрорайона «Кунцевщина» 20.12.2018 г. (уровни гамма-фона выражены в микрорентгенах в час)

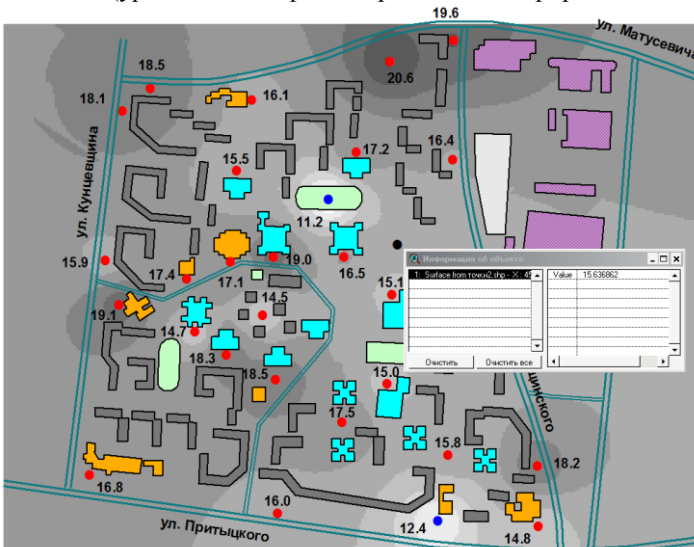


Рисунок 5 – Непрерывная пространственная модель распределения уровней гамма-фона на территории микрорайона «Кунцевщина» 20.12.2018 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Создана векторная пространственная модель основных объектов микрорайона «Кунцевщина», включающая тематические слои с обозначением улиц, основных внутренних проездов, жилых домов, учреждений образования, организаций соцкультбыта, спортивных сооружений.

2. Определены точки и отработаны методики дозиметрических измерений на местности.

3. Разработаны шаблоны и алгоритмы для формирования базы данных, получаемых в результате динамического мониторингового исследования.

4. Проведены дозиметрические измерения на местности, результаты которых внесены в базу данных и использованы при создании дискретной и непрерывной пространственных моделей радиационной обстановки в микрорайоне «Кунцевщина».

5. Информация о результатах исследования в виде табличного и картографического материала размещена на сайте <http://sch201.minsk.edu.by>. Планируется проводить полевые исследования ежеквартально.

### Библиографический список

1. Василенко И.Я. Радиационные поражения продуктами ядерного деления (клиника, патогенез) // Здрав. Бел., 1986, №10. С.68-72.
2. Василенко И.Я. Цезий-137 в продуктах питания // Вопросы питания.-1988, №4. С.4-11.
3. Василенко И.Я. О поражении радиоактивным цезием // Военно-медицинский журнал, 1989, №5. С.37-39.
4. ICRP. Recommendations of the International Comission on Radiological Protection, ICRP Publication No 60, Pergamon Press, Oxford and New York, 1991.

5. IPCS. Lead - environmental aspects. Environmental health criteria 85. WHO, Geneva, 1992.
6. A. Arinchin, M. Gembicki, K. Moschik, A. Skalyzhenko, R. Bertollini and other Goiter prevalence and urinary iodine excretion in Belarus children born after the Chernobyl accident // IDD newsletter Volume 16, Number 1, February, 2000, P.7– 9.
7. А.Н. Аринчин, М. Гембицкий, С.В. Петренко, И.М. Хмара, К.В. Мощик и др. Зобная эндемия и йодная недостаточность у детей и подростков Республики Беларусь (результаты совместного международного исследования) // Здоровоохранение, 2000, №11. С.25-30.
8. С.А. Лаптенюк, А.Н. Аринчин, В.И. Быль ГИС помогает оценить состояние здоровья детей и подростков Беларуси // Arcreview. Современные информационные технологии., - М, 2001, № 1. С.7.
9. Н.Н. Пилипцевич, Т.А. Козлова ГИС “Медико-географические характеристики территории Беларуси” // Вопросы организации и информатизации здравоохранения, 2001, №2. С.34-38.
10. Лаптенюк С.А., Мощик К.В., Вангель С.А. Применение технологии географических информационных систем для изучения динамики заболеваемости населения // Здоровоохранение, 2002, № 10. С. 52-55.
11. Голуб В.В., Корбут Н.А., Лаптенюк С.А., Мощик К.В., Мухлаев А.А. Анализ распределения удельной активности  $Cs^{137}$  в молоке и биологических тканях человека // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС, 2003, №2, С.39-41.
12. С.А. Лаптенюк. Реконструкция коллективной дозы внутреннего облучения на основе линейной регрессионной модели с применением методов пространственного анализа и технологии географических информационных систем (ГИС) // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС, 2004, №1, С.15-20.

13. Хаксхолд Виллиам Ё. Введение в городские географические информационные системы./Пер. с англ. - New York: Oxford University Press, 1991. 317с.
14. Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика./ Под ред. Д.В.Лисицкого - М.: «Картгеоцентр» «Геодезиздат», 1993.
15. Ресурсы сайта [www.esri.com](http://www.esri.com)
16. Ресурсы сайта [www.dataplus.ru](http://www.dataplus.ru)
17. Longley, P.A. GIS: Teoria i praktyka / P.A. Longley [et ctr.] – Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2006. – 519 s.
18. Бубнов, В.П. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / В.П.Бубнов, С.В. Дорожко, С.А. Лаптенюк – Минск: БНТУ, 2009. – 266 с.
19. Морзак, Г.И. Пространственное моделирование в промышленной и социальной экологии / Г.И. Морзак, С.А. Лаптенюк – Минск: БГАТУ, 2011. – 210 с.
20. Лаптенюк, С.А. Системный анализ геоэкологических данных в целях митигации чрезвычайных ситуаций / С.А. Лаптенюк, – Минск: БНТУ, 2013. –287 с.
21. Дорожко, С.В. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Учебное пособие в 3-х частях / С.В. Дорожко, В.Т. Пустовит, Г.И. Морзак – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – Часть 1: Чрезвычайные ситуации и их предупреждение. – 222 с.